國家級基因轉殖植物核心設施對生物技術產品之重要性

王強生 [1*] 林俊義 [2]

[1] 行政院農委會農業試驗所農藝組

[2] 行政院農委會農業試驗所所長

傳統農業產量之提高，主要依賴品種改良，1950 年代的綠色革命(Green Revolution) 就是農業史上最重大成就。雖然，自 1960 年代至今，世界重要作物之年平均產量，每年仍有小幅增加。然而，大多數的農藝學家及育種家均認為，現有的栽培作物已達到其產量潛能或生產瓶頸。目前產量的微幅增加，係因栽培技術改進、化學肥料之普及及病蟲害控制得當所致，因此傳統農業已面臨瓶頸，產量很難再有突破，亦即綠色革命很難再發生。今後農業必須尋求新科技之挹注，結合傳統育種技術，方可能使糧食生產有新的突破。此外，由於世界人口將於公元 2050 年超過 100 億，屆時地球有限的耕地面積及農業生產體系，將無法負擔急速增加的世界人口，在可預見的未來，人類將會面臨重大的糧食危機，因此必須未雨綢繆。

利用生物技術進行品種改良為必然趨勢

「生物技術」被視為二十一世紀最重要的科技之一，如何應用此一新興科技，結合傳統育種，進行作物品種改良，提高農業生產量或產值，以因應未來重大的糧食需求，已成為現階段農業研究的首要目標之一。歐、美、日等先進國家都競相投入大量資源，積極進行生物技術之研究與開發。利用生物技術進行作物品種改良，稱為生物技術育種或分子育種，是傳統育種之延伸，係指利用遺傳工程技術，將自生體內(*in vivo*)分離或在生體外(*in vitro*)改造之特定基因或性狀，利用基因轉移技術導入缺乏此基因或特性之目標作物的育種方法。因此，生物技術育種係屬特定基因的嵌入(insert)，每次基因轉移步驟只將一個，或少數個基因導入目標作物的染色體內，與傳統雜交育種之整個基因組(genome)的合併是不同的。利用生物技術育種法所育成之作物品種，統稱為遺傳修飾作物(genetically modified crop, GM crop)、或基因轉殖植物(transgenic plants)，或更廣義的稱為遺傳修飾有機物(genetically modified organism, GMO)。

* 通訊作者（電子信箱: cswang@wufeng.tari.gov.tw; 聯絡電話: 886-4-23302301-101; 傳真: 886-4-23338162）

基因轉殖作物生產過程嚴謹冗長

利用生物技術進行作物品種改良必須經過：目標基因 (性狀) 之選殖與改造；基因轉殖載體之構築；基因轉殖至目標作物品種；轉基因植株枝篩選；轉殖基因之表現與遺傳分析及轉基因作物之隔離試驗與隔離田間生物安全評估等冗長之試驗步驟，每一階段相關主管機關皆有嚴格之規範必須遵循，最後方能取得主管當局之許可於田間種植。生物技術品種因包含外來基因，屬非自然品種，因此世界各國對轉基因植株之育成及其產品(GMO)上市過程均有不同之規定，除維護現有作物品種之安全，避免轉基因(transgene)在自然界隨意擴散外，更要保障消費者之安全。生技產品更必須通過衛生管理單位如衛生署之檢驗證實對人畜無害，方可獲准上市。除此之外，生物技術產品更須通過消費者，尤其是保守的衛道人士層層之考驗，方能被大眾接受。

消費者對於基因轉殖作物仍有疑慮

由於美國康乃爾大學研究人員發現，一種在 1996 年經美國環保署核准栽種含 BT 抗蟲基因的基因轉殖玉米，其花粉會導致一種保育類的帝王蝴蝶之幼蟲死亡(圖一)，雖然生產該玉米品種的孟山都(Monsanto)公司堅稱該玉米安全無虞，但此一事件已引起科學家、環保人士及社會大眾對基因轉殖作物之安全性產生疑慮與高度重視。

生物技術的產品優點頗多已無庸置疑，然而目前社會大眾對於生物技術產品之栽培仍有下列疑慮：1.大量栽培生物技術品種是否會導致現有生態環境之生物多樣性降低，使未來有用種原減少? 2.大量栽培生技品種是否會迫使昆蟲、病原菌及雜草基因突變或加速演化，產生抗藥性或成為超級變種? 3.生技品種是否會將人工改造的基因傳遞至其他近緣物種造成對環境及微生物等之危害? 4.生技產品可能改變作物原有代謝途徑或生產出未知的成分，對體質易過敏的消費者是否造成傷害? 5.大量栽培生技產品，是否改變動植物之生態相，影響自然界之生態平衡?

雖然現有的科學證據均顯示上述疑慮並不存在，但可預見的是：今後世界各國將更注重基因改造食品上市前的風險評估及相關研究與監控，並將訂出基因改造產品之檢測、標示及運送的全球性標準，以保障民眾安全並避免危及全球環境與動植物的安全。因此轉基因植物產品的生物安全性問題，是未來從事生物技術育種者所必須考慮的，以免歷經多年研發的產品無法為社會大眾所接受。

我國基因轉殖作物管理法規嚴格

任何實驗室操作基因轉殖相關實驗均需依據國科會於八十九年十一月公

布之「基因重組實驗守則」之規定來執行。植物由基因選殖、基因轉殖至轉基因純系育成，在進入隔離田試驗以前的實驗操作，均需在隔離的實驗室、隔離溫室、精密溫室或網室等不同生物安全等級的設施內與控制的環境下進行，以避免重組基因流入環境及其他生物中，並避免造成生態之危害，而各項設施之設置均有一定之規格與規範。

我國基因轉殖植物栽培之依據法源，初期係依據農委會於民國八十七年頒訂「基因轉移植物田間試驗管理規範」，及民國八十九年制訂的「基因轉移植物委託田間試驗作業要點」來執行。為徹底落實基因轉殖植物之生物安全消除大眾之疑慮。最近 2005 年 6 月即將頒佈的「基因轉移植物隔離田間試驗管理辦法」，更針對基因轉殖植物自實驗室育成後之包裝、運輸以至品種之種子、種苗釋出等各階段之生物安全作了更詳細的規範，並對隔離溫室、精密溫室、溫室、網室與隔離試驗田等不同生物安全等級的環境與設施之建構均有嚴格與明確之規定，此一法案將成為未來我國執行基因轉殖植物相關研究之生物安全考量之最高指導規範與遵循依據。未來任何執行基因轉殖試驗之單位或個人其進行相關試驗之設施均需經過主管單位之核可方可執行相關試驗，而基因轉殖植物也需通過層層安全性評估及「基因轉殖植物安全性評估審議委員會」之審議核可後，方能於田間種植，未來此一法案會將我國基因轉殖植物相關試驗納入嚴格的控管，能釋出的產品絕對是無生物安全之虞的。

國家級基因轉殖植物隔離田核心設施之設置及其使命

國內正積極開發生物技術，今後許多實驗室陸續會有各式各樣之初級轉基因植物產生，在正式品種育成、上市之前，這些自實驗室產生之轉基因植物仍包含許多試驗工作必須進行：最初的轉基因植株可能是遺傳異質性的(heterozygous)，必須經過純系檢定及選拔過程予以純化，以獲得同質個體(homozygote)方能成為一遺傳穩定的純系。而甫自實驗室育成之轉基因個體可能因基因的嵌入(insertion)而改變其原有性狀，必須經二至三代的農、園藝性狀調查，確定沒有好的基因遭改變及壞的基因表現，或確定與其原來優良品系近似；有時更必須與原來品種進行一至二次回交，選出與原來品種性狀幾近相同之轉基因品系。而這些經初步選拔之轉基因純系仍需經過農藝性狀及產量與轉基因表現及穩定性調查，方能視為一穩定的轉基因新品系。因此，轉基因植物由實驗室至純系育成前，必須經過數個世代的繁殖、基因表現篩選與性狀調查，而此外並需於安全隔離之狀況下大量繁殖足夠之種子或種苗，供進行動物試驗與安全性評。這些過程均需要在安全的設施中進行，並需要有農、園藝及育種研究人員的參與，方能加速及縮短此一階段所耗費的時間。

國內生物技術研究進展迅速，尤其近年來在農業生物技術國家型科技計畫的推動下生物技術產品陸續目前較成熟的產品有木瓜、水稻、蕃茄、花椰菜、苦瓜、香蕉等轉殖不同基因之各種轉殖作物品系，此外亦有多種花卉作物已開發成功，在短時間內即將申請進入隔離田安全性評估試驗。因此成立一基因轉殖植物隔離試驗田及相關設施與核心設備，建立各項安全評估試驗之技術平台與檢驗方法，訓練養成基因轉殖植物生物安全性評估相關研究人員，進行基因轉殖植物之隔離田間試驗，並建立國際認可之基因轉殖植物鑑定技術與系統，使我國轉基因植物能於田間安全無虞的種植，使其產品能行銷全世界，已成為落實生物技術研發成果，刻不容緩的工作。

農業試驗所擁有優秀的各種作物栽培、育種、植物保護（病蟲害管理）、土壤肥料與微生物等研究人員，為進行轉基因植株之安全性評估，提供最佳人力後盾。國科會農業生物技術國家型計畫及農業委員會自 92 年度起支持農業試驗所建構國家級之核心實驗設施：轉基因植物隔離田試驗核心設施，分四年提撥經費約 3.5 億元，農試所已選擇一處面積 9.5 公頃之完整農田，正興建符合國際規範之基因轉殖植物專用設施(圖二)包含：四種不同安全性隔離等級之隔離溫室(隔離花粉進出)、精密溫室、一般溫室及網室等設施，未來將依照各個轉殖作物與轉殖基因種類之需求，在適當設施內進行各階段之試驗；另設置有 6 公頃灌、排水、廢水處理及物理與生物隔離等設施完善之試驗田，將提供與協助相關研究單位進行轉殖作物之安全性評估試驗。試驗區內亦興建符合環保標準之現代化實驗室一棟，作為轉殖作物相關試驗研究及安全性評估相關試驗平台與技術開發之試驗基地；此外，另興建農有機具庫房及材料操作室各一棟分別提供轉殖作物專用農機械及材料處理之空間。目前此一設施已全面動工興建，工程尚稱順利，預計將於 95 年 9 月全面營運，將進行轉基因植株之隔離繁殖與安全性評估試驗，協助國內農業生物技術研究已獲得之水稻、馬鈴薯、蕃茄、香蕉、木瓜、青花菜及苦瓜等各種轉基因植株，於適當之安全設施下進行初級轉基因作物之隔離栽培、純化、繁殖與性狀調查等初步試驗，繁殖提供進行動物試驗所需之種子與種苗，協助進行安全性評估試驗，累積進行田間試驗所需之相關資料，協助取得田間栽培許可及品種之釋出所需之試驗資料，並將建立各種轉基因作物品種開發至育成所需之標準操作模式與技術平台，使我國農業生物技術之研究成果能落實至產業層次。

結語

台灣地窄人稠，農業生產成本高，為因應全球性的競爭，必須應用生物科技突破傳統方法之限制，進行作物品種改良，開發高農業產值或具附加價值

之作物品種，引導台灣農業邁向高科技層次，方能提升台灣農產品之國際競爭力。未來農業試驗所將在此一國家級核心設施區內成立「農業生物科技研究中心」，將進行基因選殖、基因轉殖及轉殖作物安全評估等試驗研究，結合傳統農業生產技術與資源，加強與國內外研究機構合作，共同為台灣農業之前途打拼。

圖一、保育類的帝王蝴蝶

圖二、農試所興建中符合國際規範之基因轉殖植物專用設施